



UNIVERSIDADE
AbERTA
www.uab.pt

ORGANIZAÇÃO BIOLÓGICA

Paula Bacelar Nicolau

2017



ÍNDICE

OBJETIVO	2
1. ORGANIZAÇÃO BIOLÓGICA.....	2
2. NÍVEIS DE ORGANIZAÇÃO.....	3
3. CARATERÍSTICAS EMERGENTES DA ORGANIZAÇÃO BIOLÓGICA: AS CARATERÍSTICAS DA VIDA	5
3.1 A CÉLULA, UNIDADE BÁSICA, ESTRUTURAL E FUNCIONAL DA VIDA	5
3.2 TRANSFORMAÇÃO E UTILIZAÇÃO DE ENERGIA PELOS SERES VIVOS	12
3.3 EVOLUÇÃO BIOLÓGICA	14
3.4.1 HISTÓRIA DO PENSAMENTO EVOLUTIVO.....	14
BIBLIOGRAFIA	21

Objetivo

Neste módulo irá estudar a organização hierárquica do mundo biológico. Irá também aprofundar o conhecimento sobre alguns dos níveis de organização biológica e estudar as principais características da vida.

1. Organização biológica

As estruturas biológicas organizam-se, de um modo hierárquico, ou seja a *organização biológica* estrutura-se, hierarquicamente, desde o nível de organização mais baixo até ao nível de organização mais elevado, desde o átomo à biosfera (Figura 1; Quadro I.). Os níveis mais elevados (acima do nível "população") são frequentemente referidos como *organização ecológica*.

Cada nível de organização (ou hierarquia) biológica é composto, principalmente, pelas unidades estruturais do nível organizacional que lhe é imediatamente inferior. Para além disso, cada nível na organização biológica representa um aumento da complexidade organizacional. Um conceito básico associado à organização biológica é o da *emergência, ou surgimento, de características e funções* novas, nos níveis organizacionais sucessivamente mais elevados, não presentes nos níveis de organização mais baixos. Isto significa que na hierarquia, os níveis sucessivamente mais elevados apresentam características e funções novas, e que resultam do respetivo aumento de complexidade. Assim, teoricamente, uma

alteração na organização da estrutura biológica de um nível inferior acarreta alterações na organização das estruturas biológicas superiores (ex. alterações na estrutura de um átomo conduzem, ou podem conduzir, a alterações na organização biológica a níveis superiores, ex. celular, do organismo, ou até à biosfera).

2. Níveis de organização

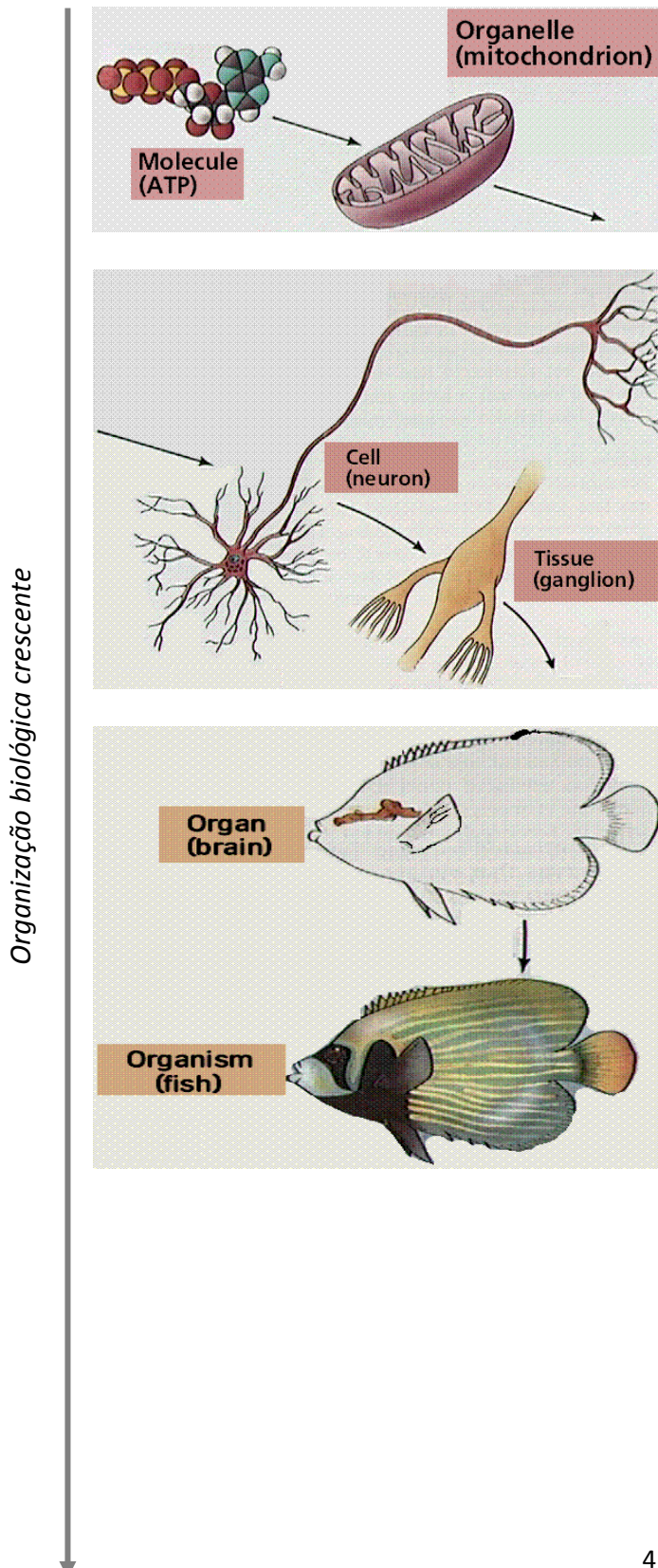
O esquema de organização, hierárquica, biológica mais comum, do nível mais baixo até ao nível mais elevado de organização, inclui os seguintes:

- *Átomo*;
- *Molécula*, grupo de átomos
- *Organelo*, um grupo funcional de moléculas biológicas;
- *Célula*, unidade básica, funcional, da vida; grupo de organelos;
- *Tecido*, grupo funcional de células;
- *Órgão*, grupo funcional composto de tecidos celulares;
- *Sistema de órgãos*, grupo funcional de órgãos;
- *Organismo*, o sistema básico de vida, grupo funcional de componentes de nível organizacional inferior, incluindo pelo menos uma célula;
- *População*, grupo de organismos da mesma espécie;
- *Comunidade*, grupo inter-específico de populações;
- *Ecossistema*, grupo de organismos pertencentes a todos os domínios biológicos, e do ambiente abiótico que partilham e com o qual interagem;
- *Biosfera*, o conjunto completo de ecossistemas.

Existem esquemas mais complexos que incorporam outros níveis organizacionais. Assim, por exemplo, a molécula pode ser vista como um grupo de *elementos químicos*, e o átomo, como um conjunto de *partículas sub-atómicas*, contudo estes dois níveis não são incluídos nos níveis de organização biológica. Cada nível de organização biológica pode ainda ser subdividido, de um modo hierárquico, relativamente aos tipos específicos de unidades que o compõem; por exemplo, para cada um dos quatro tipos de moléculas biológicas (ou biomoléculas: ácidos nucleicos, proteínas, lípidos e carboidratos) podemos considerar o nível de organização que lhe é inferior (nucleótidos, aminoácidos, ácidos gordos e sacáridos, respectivamente as unidades que compõe essas biomoléculas).

Cada nível de organização biológica pode ser descrito pelos níveis de organização biológica nele inclusos (ver definições acima); por exemplo, uma célula pode ser descrita ao nível de

qualquer um dos seus componentes, incluindo o atómico, o molecular e o nível dos organelos. Cada um destes níveis, hierárquicos, de organização biológica, são caracterizados pela emergência de propriedades e de funções vitais, que não estão presentes nos níveis inferiores.



Quadro I. Níveis de organização da vida, do maior para o menor:

Biosfera: conjunto dos seres vivos e do ambiente que os rodeia.

Ecossistema: sistema definido pelas relações entre um grupo de seres vivos e entre estes e o meio ambiente onde se inserem.

Comunidade: conjunto de organismos que habitam um determinado meio ambiente e que interagem uns com os outros.

População: grupo de indivíduos semelhantes que se entrecruzam e originam descendência fértil e que habitam uma dada área geográfica.

Espécie: indivíduos semelhantes que se entrecruzam e originam descendência fértil.

Indivíduo/Organismo: ser constituído, por uma mais células, caracterizadas por possuírem um “arranjo” único de informação genética.

Sistema de órgãos: (em organismos multicelulares) grupo de células, tecidos e órgãos que cumprem uma função principal do organismo. Ex. sistema cardiovascular.

Órgão: (em organismos multicelulares) grupo de células ou tecidos que cumprem uma função do organismo. Ex. coração.

Tecido: (em organismos multicelulares) grupo de células que têm uma função específica. Ex. tecido cardíaco.

Célula: unidade fundamental da vida.

Organelo: subunidade da célula envolvida numa determinada função celular.

Moléculas, átomos e partículas sub-atómicas: níveis fundamentais, funcionais, da bioquímica.

É assim possível estudar a biologia a diversos níveis, desde as comunidades de seres vivos até ao nível interno da célula (organelos).

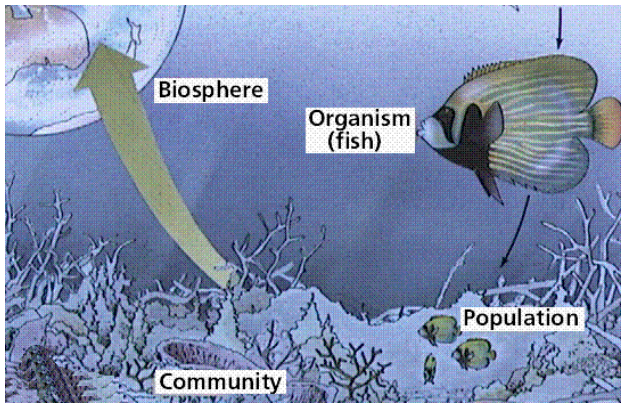


Figura. 1 - Níveis de organização da vida do menor para o maior nível de organização (Purves *et al.* "Life: The Science of Biology", 4ª Ed, Sinauer Ed.)

3. Caraterísticas emergentes da organização biológica: as caraterísticas da vida

Os seres vivos são compostos por matéria estruturada de uma forma organizada. As caraterísticas/ propriedades/ funções emergentes desses níveis estruturados e organizados são as caraterísticas da vida. Nas secções seguintes iremos centrar-nos no estudo de algumas das principais características da vida, emergentes da organização biológica (e já referidas no texto sobre Classificação Biológica):

1. A célula, unidade básica, estrutural e funcional da vida;
2. Transformação e utilização de energia pelos seres vivos;
3. Regulação nos seres vivos;
4. Crescimento e Reprodução nos seres vivos;
5. Evolução biológica.

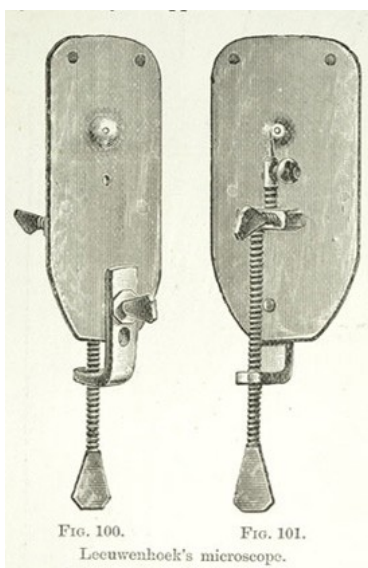
3.1 A célula, unidade básica, estrutural e funcional da vida

A célula é a unidade básica, estrutural, e funcional da vida. É a unidade mais pequena, nos níveis de organização biológica, que se classifica como ser vivo. Alguns seres vivos são constituídos por uma única célula – *seres unicelulares* – outros são constituídos por conjuntos de células – *seres multicelulares*.

As primeiras células foram descritas pelo comerciante e microscopista amador Holandês Antonie van Leeuwenhoek (1632-1723; Fig. 2) e pelo cientista Britânico Robert Hooke (1635-1703; Fig. 3), tendo a designação “célula” (*Lat. cellulla*, pequeno quarto; semelhantes aos pequenos quartos em que viviam os monges) sido cunhada por Hooke, na sua obra *Micrographia* (1665).

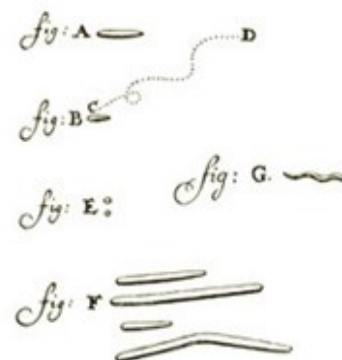


Figura 2. Antonie van Leeuwenhoek e o microscópio (1632-1723): (a) a utilização do microscópio; (b) esquema de um microscópio simples de Leeuwenhoek; (c) ilustração dos “animálculos” (bactérias) presentes na sua boca.



(b)

PLATE XXIV



LEEUVENHOEK'S FIGURES OF BACTERIA FROM THE HUMAN MOUTH
(Letter 39, 17 Sept. 1683)
Enlarged ($\times 14$) from the engravings published in *Arc. Nat. Det.*, 1695.

Fig. A, a motile *Bacillus*.
Fig. B, *Selenomonas spitzigena*. C . . . D, the path of its motion.
Fig. E, Micrococci.
Fig. F, *Leptothrix buccalis*.
Fig. G, A spirochete—probably “*Spirochaeta buccalis*,” the largest form found in this situation.

(c)

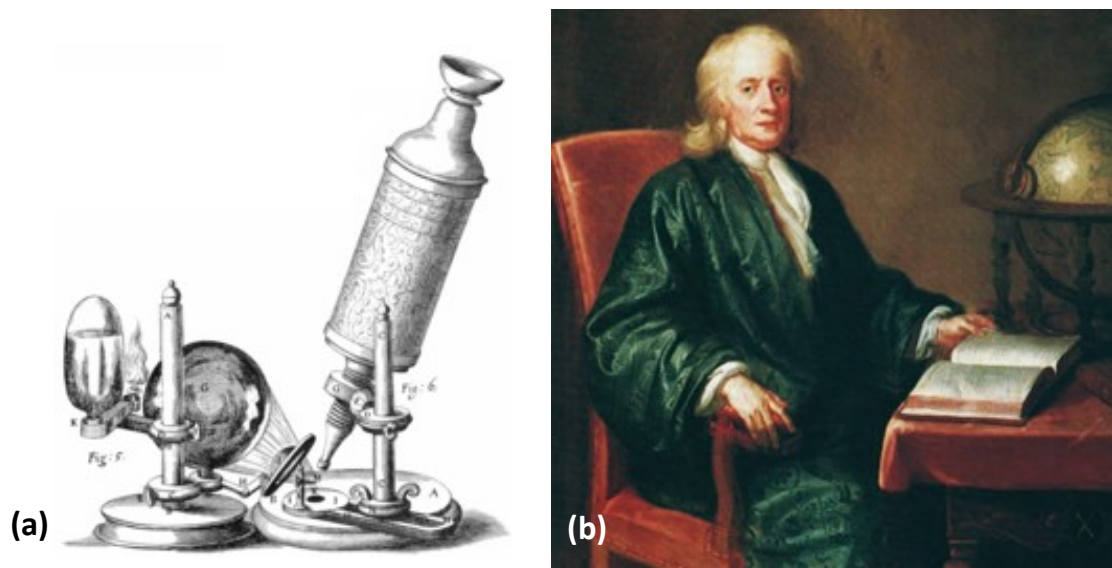
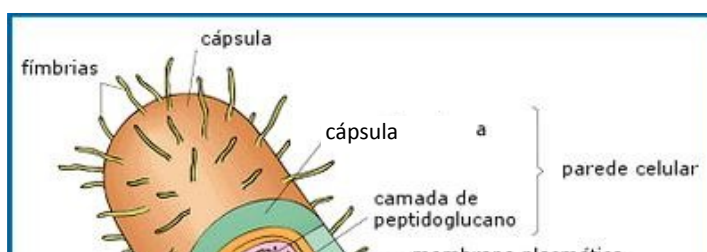


Figura 3. Robert Hooke (1635-1703): (a) Imagem do microscópio composto de Robert Hooke (em *Micrographia*, 1665) (adaptado de *Biologia*, 2010). O século XVII, permitiu o aprofundar do estudo das células e em 1839 é enunciada a Teoria Celular por Matthias Schleiden e Theodor Schwann. A *Teoria Celular* foi uma das mais importantes teorias da Biologia, pois enuncia que, apesar de toda a diversidade de formas de vida, estas são todas constituídas por células. *As células são as unidade básica, de estrutura, funcionamento e organização de todos os seres vivos*, ou dito de outro modo:

1. Todas os seres vivos são compostos de uma ou mais células, portanto as células são as unidades estruturais e morfológicas dos seres vivos.
2. Todas as atividades fundamentais celulares ocorrem no interior da célula, portanto as células são as unidades funcionais (ou fisiológicas) dos seres vivos.
3. Todas as células se formam de outras células pré-existentes, por processos de divisão celular.

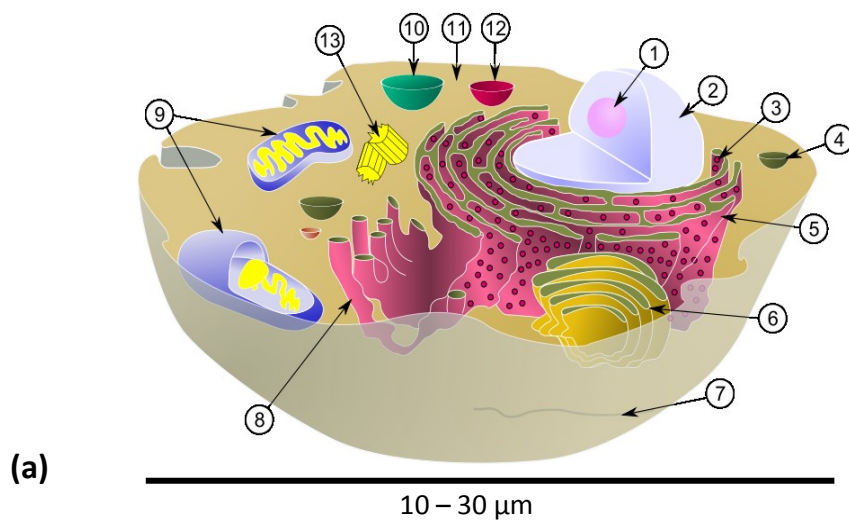
Assim, e dado que as células são (as peças básicas, estruturais, funcionais e organizacionais) comuns a todos os seres vivos, o seu estudo permite conhecer informação sobre a vida, em sentido lato. Para além disso, como todas as células provêm de outras células pré-existentes, o seu estudo permite o conhecimento de processos de crescimento, reprodução e outras funções que caracterizam a vida.

Existem dois tipos básicos de células: células procariotas e células eucariotas (Fig. 4, 5).



0,1 – 10 μm

Figura 4. Estrutura básica da célula procariota.



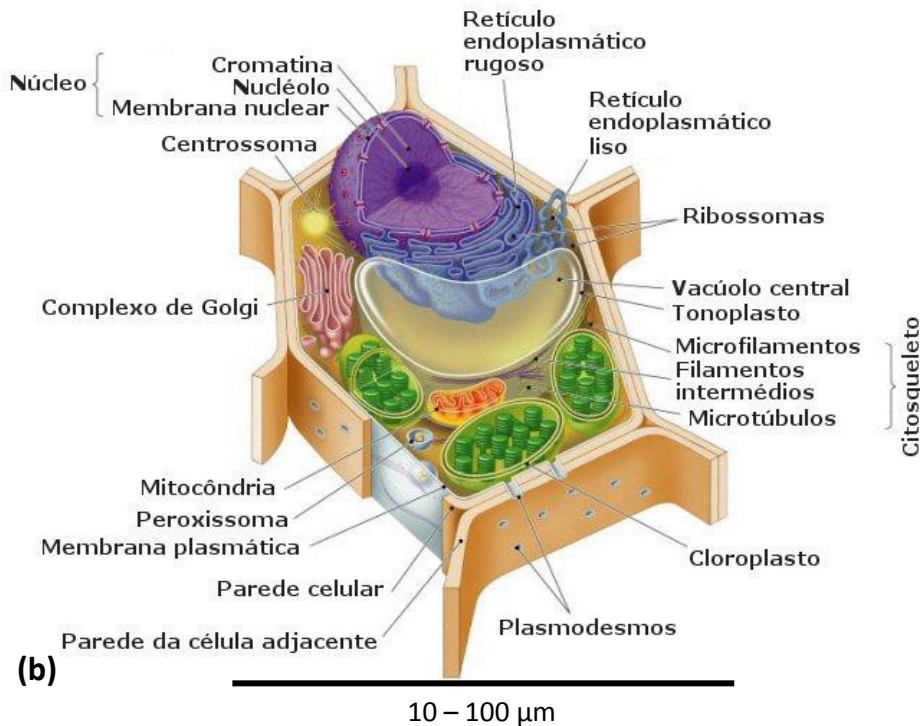


Figura 5. Estrutura básica de célula eucariota (a) animal e (b) vegetal. Legenda: (1) interior do núcleo (2) envelope nuclear, (3) ribossoma, (4) vesícula, (5) retículo endoplásmico rugoso (6) Aparelho de Golgi, (7) citoesqueleto, (8) retículo endoplásmico liso, (9) mitocôndria, (10) vacúolo, (11) citoplasma, (12) lisossoma.

As *células procariotas* (Gr. *pro*, antes + *karyon*, núcleo; células sem núcleo individualizado) são mais simples e de menor dimensão do que as eucariotas (Quadro II). Não possuem sistemas membranares intracelulares e não apresentam, assim, núcleo ou organelos. O genoma celular é composto por um único cromossoma circular, de ADN (ácido desoxirribonucleico), que se encontra em contacto directo com o citoplasma; esta região nuclear, indefinida, é designada por *nucleóide*.

A célula procariota é delimitada por uma *membrana celular*, a qual é ainda protegida por uma *parede celular* (composta por um peptidoglicano) exterior e, nalguns tipos de bactérias, por uma *cápsula*. Para o interior da membrana celular, encontra-se o citoplasma, o qual contém o genoma celular e os ribossomas (estruturas responsáveis pela síntese de proteínas). Para o exterior da célula procariota encontram-se geralmente *flagelos* ou *fímbrias* (ou *pili*), estruturas envolvidas no movimento celular e na intercomunicação com outras células.

Existem dois tipos de células procariotas - bactéria e archaeobacteria - que diferem em diversas características estruturais, morfológicas e fisiológicas. Não iremos aprofundar, aqui, essas diferenças, no entanto é importante que se saliente que as diferenças são de tal modo grandes que estes dois tipos de procariotas pertencem a dois domínios biológicos distintos, de acordo com os estudos taxonómicos efetuados desde a década de 1990 (com base nas sequências de ADN ou *rARN*).

As células eucariotas são mais complexas e de maior dimensão do que as procariotas (*ca.* 15 vezes maior diâmetro e *ca.* 1000 vezes maior volume). A principal diferença entre os dois tipos de células é a existência de *compartimentos membranares intracelulares* nas células eucariotas. Estes compartimentos intracelulares individualizados denominam-se *organelos* (ou *organitos*) e desempenham funções distintas e específicas na célula. Exemplos de organelos são o núcleo, as mitocôndrias, os cloroplastos (apenas em células vegetais), o retículo endoplasmático, os ribossomas, o aparelho de Golgi, os vacúolos e os lisossomas. De entre os vários organelos, destacamos o *núcleo celular*, no interior do qual se encontra o genoma da célula, e que constitui o motivo da designação *eucariota* (*Gr. eu*, bom ou verdadeiro + *karyon*, núcleo; células com núcleo individualizado). Para além destas duas características, destacamos ainda as seguintes:

- A membrana plasmática das células eucariotas assemelha-se àquela presente nas células procariotas (com algumas pequenas diferenças químicas e estruturais) e tem idênticas funções;
- O material genético eucariota forma cromossomas lineares (e não circulares como os procariotas). Todos os cromossomas se encontram reunidos no *núcleo* da célula – organelo que se encontra individualizado pelo envelope nuclear (ou membrana nuclear).

As células eucariotas vegetais possuem uma parede celular exterior (de natureza química distinta da dos procariotas) (Fig. 5b). Para além disso possuem cloroplastos (organelos envolvidos no processo fotossintético) e um vacúolo central grande (as células animais não têm cloroplastos e os vacúolos, quando presentes, são pequenos).

Quadro II. Unidades de comprimento do Sistema Internacional de Unidades

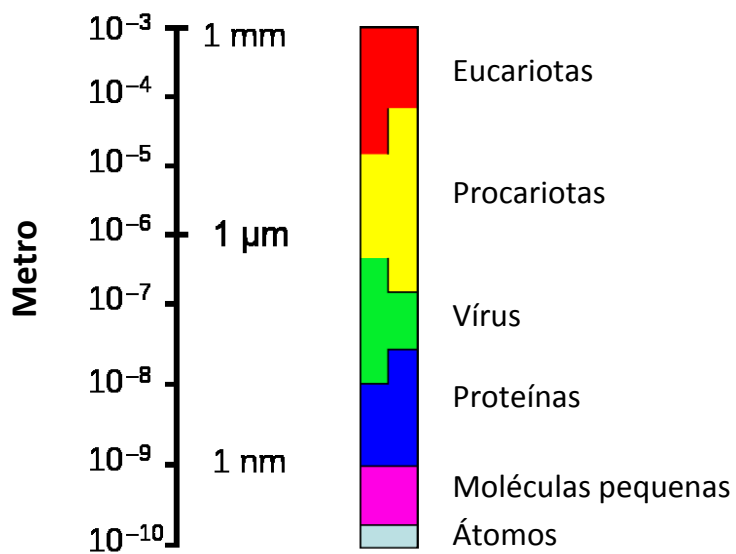
Quando tratamos com medidas de comprimento de pequenos sistemas biológicos, como as células, as estruturas celulares ou seus componentes moleculares, as unidades de comprimentos mais usadas são:

o milímetro (abreviado mm), equivalente à milésima parte do metro; $1 \text{ mm} = 10^{-3} \text{ m}$

o micrómetro (abreviado μm) equivalente à milionésima parte do metro; $1 \mu\text{m} = 10^{-6} \text{ m}$

o nanómetro (abreviado nm) ; $1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$

o picómetro (abreviado pm); $1 \text{ pm} = 10^{-12} \text{ m}$



3.2 Transformação e utilização de energia pelos seres vivos

Os sistemas biológicos (sejam eles células, organismos multicelulares ou níveis superiores de organização biológica) são “sistemas abertos”, ou seja são sistemas que mantêm trocas de matéria e de energia com o meio ambiente que os rodeia.

A energia é um atributo de todos os sistemas biológicos, desde a biosfera até ao mais pequeno organismo. No interior do organismo é necessária em todos processos celulares de crescimento e de desenvolvimento (do organelo, da célula ou do organismo, etc.). A energia pode ser armazenada no interior das células de um organismo, sob a forma de grandes moléculas poliméricas, geralmente carboidratos e lípidos. Cada uma destas moléculas é constituída por unidades menores – *monómeros*. Os monómeros podem unir-se uns aos outros, por *reações de condensação* e formar *polímeros*; estas reacções consomem energia que fica armazenada nas novas ligações químicas entre os monómeros, e levam à libertação de uma molécula de água (H_2O). Os polímeros podem sofrer *reações de hidrólise* (*Gr. hydro, água + lyein, lise*) libertando os seus monómeros constituintes; nestas reacções é libertada a energia que está armazenada na ligação entre os monómeros e há lise química (quebra) de uma molécula de água.

A figura 6 exemplifica as reacções de condensação e de hidrólise para o caso do amido – um polímero de glucose.

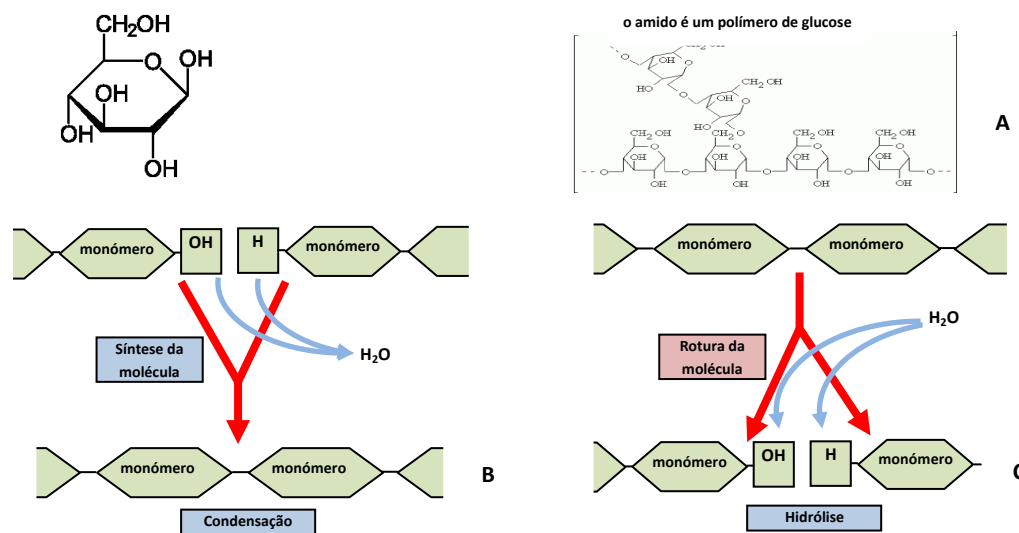


Figura 6. (A) Amido (polímero de glucose) e reacções de (B) condensação e de (C) hidrólise.

Nos seres vivos, a energia utilizada nos processos celulares existe na forma de uma molécula de *adenosina trifosfato*, abreviada para ATP (Fig. 7). A hidrólise de uma molécula de ATP

liberta um grupo fosfato ($-\text{PO}_4^{2-}$), uma molécula de adenosina difosfato. A energia libertada na hidrólise do fosfato do ATP é especialmente elevada e pode ser transferida sendo utilizada noutro processo celular que necessite de energia para ocorrer.

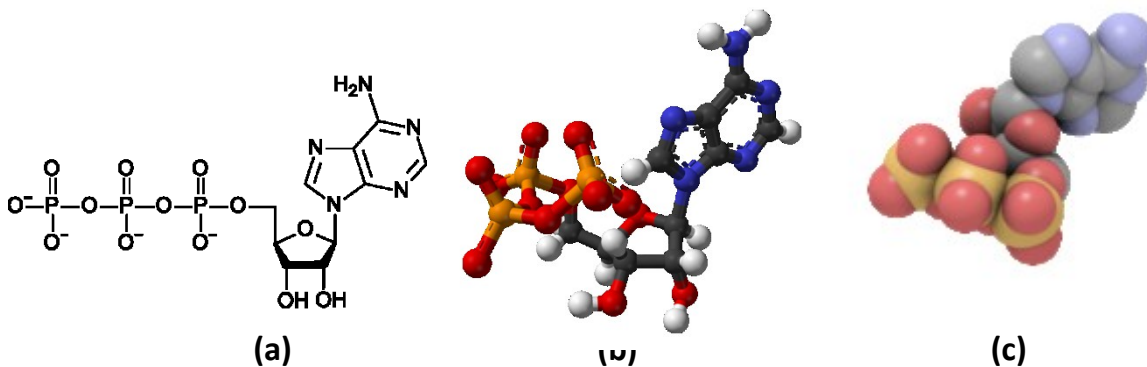


Figura 7. Molécula de adenosina trifosfato: diferentes modelos da sua estrutura molecular ((a) estrutura molecular simples, (b) estrutura tridimensional, (c) estrutura tridimensional com átomos de hidrogénio omitidos).

Todos os organismos vivos dependem de uma fonte de energia externa. Esta energia provém, em primeira da luz solar.

- No caso da maioria das plantas verdes, algumas bactérias e protistas, a fonte de energia provém da radiação solar (energia luminosa) que é captada e transformada em energia química, através do processo de fotossíntese. Estes organismos são organismos autotróficos, ou seja, são capazes de sintetizar (*i.e.* fabricar) compostos orgânicos complexos a partir de compostos inorgânicos simples (água, dióxido de carbono, e nitratos e outros minerais).
- No caso dos animais, a sua fonte de energia provém de compostos orgânicos (“alimento”) ingeridos, ou obtidos exteriormente. Para uma célula heterotrófica o “alimento” pode ser uma molécula de glucose, enquanto que no caso de um animal superior, o “alimento” pode ser outro animal (caso dos carnívoros) ou uma parte de uma planta (caso dos herbívoros). Estes compostos orgânicos (moléculas, tecidos animais ou tecidos vegetais), por processos celulares de degradação, libertam a energia química armazenada nas ligações entre os átomos das suas moléculas constituintes. Os animais são organismos *heterotróficos* que utilizam compostos orgânicos sintetizados externamente para o seu

crescimento, ao contrário dos autotróficos que os sintetizam a partir de compostos inorgânicos simples.

3.3 Evolução biológica

A evolução biológica consiste da alteração de características genéticas hereditárias – anatómicas, bioquímicas ou comportamentais – de uma população de organismos, ao longo de muitas gerações. Sabemos hoje, que as duas principais causas de variação genética são (i) as *mutações* (alterações nas sequências genéticas, através do processo de reprodução) e (ii) a *recombinação genética* (através de quebra e formação de novas junções nas moléculas de ADN) .

Ao longo do tempo, as diversas “variantes” genéticas que vão surgindo como fruto do processo evolutivo podem tornar-se menos comuns, e mesmo desaparecer, ou podem tornar-se mais comuns dentro da população de organismos. Estas características hereditárias são o resultado da interação entre os genes e o ambiente. O meio ambiente atua como mecanismo de seleção das “variantes” genéticas que tornam os seus portadores *mais aptos à sobrevivência e com maior sucesso reprodutivo*.

O resultado da evolução é a especiação, que corresponde ao processo de formação de nova(s) espécie(s) a partir de uma espécie ancestral. Em última análise, todas as espécies atualmente existentes (e todas as extintas) descendem de um ancestral comum, que terá existido há cerca de 3,5 biliões de anos atrás, através de uma longa série de eventos de especiação. No entanto, o entendimento da história da vida ao longo do tempo nem sempre foi este.

3.4.1 História do pensamento evolutivo

A concepção de que as espécies biológicas se alteram e evoluem com o tempo tem raízes na antiguidade Grega, Romana e Chinesa, bem como na ciência medieval Islâmica. No entanto, o pensamento biológico Ocidental foi, até ao séc. XVIII, dominado pela crença de que as espécies eram inalteráveis. O conceito de natureza estática começou a mudar durante o períodos do Renascimento e do Iluminismo, quando os naturalistas começaram a focar os seus estudos na variedade - e variabilidade - das espécies biológicas, e quando a paleontologia emergiu com o conceito de *extinção de espécies*.

Geologia, Paleontologia e extinção de espécies

Na década de 1650, a *cronologia de Ussher*, de James Ussher (*Annales veteris testamenti, a prima mundi origine deducti*), baseada nos escritos da Bíblia, indicava que a criação divina teria ocorrido em 4004 a.C. Um século depois, na década de 1780, os estudos geológicos apontavam para que a Terra teria uma idade muito superior. O trabalho paleontológico do naturalista francês Georges Cuvier (1769-1832) estabeleceu, na década de 1790, que as extinções de espécies eram uma realidade. Estas foram, à data explicadas por catástrofes

cíclicas, seguidas de repovoamento das regiões afectadas por novas espécies, por acção Divina, dado que Cuvier acreditava no fixismo das espécies (*i.e.* espécies estáticas e inalteráveis) e marginalisava as ideias de transmutação das espécies de Lamarck (ver assegurar).

Outros geólogos, como Adam Sedgwick (1785-1873) um dos fundadores da geologia moderna, adaptaram a ideia de catastrofismos de Cuvier para explicar os diversos episódios de extinções biológicas (a mais recente das quais corresponderia ao Grande Dilúvio bíblico), após as quais se seguiria um novo acto creacionista Divino, com espécies estáticas adaptadas a um ambiente mudado. Em 1841 foram estabelecidas, pelo geólogo Britânico John Phillips (1800-1874), as três principais eras geológicas com base na fauna fóssil predominante em cada: (i) o Paleozóico, dominado pelos fósseis de invertebrados marinhos e de peixes, (ii) o Mesozóico, dominado pelos répteis gigantes, (iii) e o actual Cenozóico, a era dos mamíferos (Fig. 8). Entre 1830 e 1833, foi publicada a importante obra de Charles Lyell, *Principles of Geology*, onde se apresentava uma alternativa para a teoria

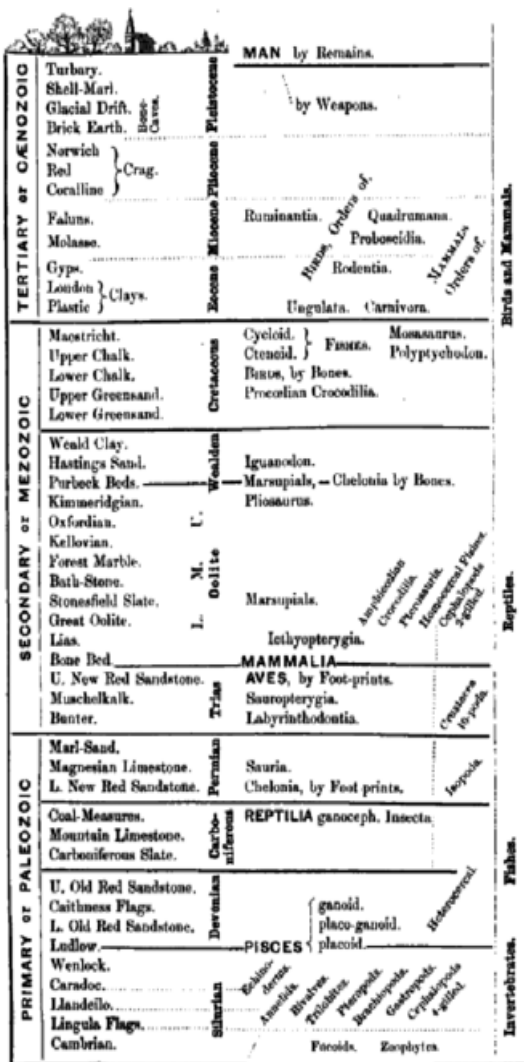


Figura 8. Diagrama de escala de tempo geológico mostrando o aparecimento dos principais grupos de animais.

Entre 1830 e 1833, foi publicada a importante obra de Charles Lyell, *Principles of Geology*, onde se apresentava uma alternativa para a teoria

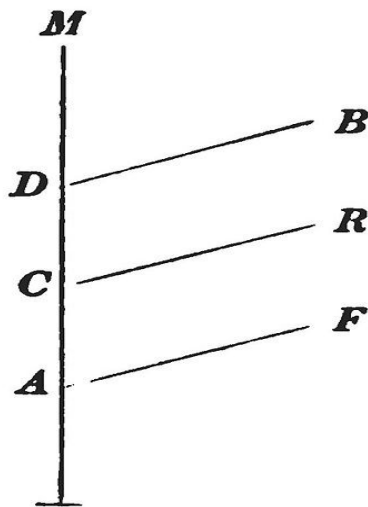
catastrofista de Cuvier: o princípio do uniformitarismo. O uniformitarismo, idealizado pelo geólogo e naturalista John Hutton (1726-1797), foi desenvolvido por Lyell. A ideia do uniformitarismo sustenta, entre outros, que todas as leis da natureza e forças naturais são constantes através do tempo e do espaço, e é por vezes resumida como “o presente é a chave para o conhecimento do passado”.

Lamarck, Trasmutação das Espécies e Lamarckismo

A primeira teoria de base evolucionista, a teoria da “Transmutação das espécies”, foi proposta por Jean-Baptiste Lamarck (1744-1829) na sua obra *Philosophie Zoologique* (1809). Lamarck não acreditava que as espécies descendiam de uma mesma espécie comum. A visão evolucionista de Lamarck era a de que as formas de vida simples eram criadas *continuamente por geração espontânea*, e que “forças” inatas à vida eram as responsáveis pela transformação progressiva das formas de vida mais simples em mais complexas dando, assim, origem a todas as formas de vida conhecidas. Lamarck também reconhecia que as espécies se adaptavam ao ambiente. A mesma “força” que transformava formas de vida simples em formas mais complexas, seria também responsável pela transformação de órgãos, das plantas ou animais, com base na sua maior ou menor utilização. Essas transformações, que se verificavam num determinado organismo, seriam, segundo Lamarck, herdadas pela geração seguinte, e assim produziriam uma lenta adaptação ao ambiente. É precisamente este *mecanismo de adaptação biológica através da hereditariedade de características adquiridas - em vida* - que se tornou conhecido por Lamarckismo, e pelo qual Lamarck é mais conhecido.

Este conceito de transmutação de seres vivos ao longo do tempo, era também partilhado por diversas figuras Britânicas. Em Inglaterra, Lord Monboddo, entre 1767 e 1792, incluía nos seus textos, não só o conceito de descendência do homem a partir dos primatas, mas também o conceito de que os seres vivos teriam desenvolvido processos de transformar as suas características ao longo do tempo, como resposta ao meio ambiente. O médico Inglês Erasmus Darwin (1731-1802), avô materno de Charles Darwin, sugeriu na sua obra *Zoönomia* (1796) que os animais de sangue quente se teriam desenvolvido a partir de um “filamento” de vida que teria a capacidade de adquirir novas “partes”, em resposta a estímulos externos, sendo estes herdados pelas gerações seguintes.

Uma escola de pensamento radical em anatomia comparada integrava entre outros, o



anatomista Robert Grant (1793-1874) que trabalhava em estreita ligação com a escola Francesa de Transformacionismo. Robert Grant desenvolveu as ideias de transmutação de Lamarck, também partilhadas por Erasmus Darwin, estudando as homologias¹ para provar a origem comum das espécies, inclusive sugerindo uma origem comum para plantas e animais.

Em 1844 foi publicada, por Robert Chambers (1802-1871), a polémica obra anónima *Vestiges of the Natural History Creation* em que era proposto um cenário evolucionário para as origens do Sistema Solar e da vida na Terra. Esta obra sustentava que os fósseis evidenciavam uma ascendência progressiva dos animais até ao ser humano (Fig. 9). Implicava ainda que as transmutações conduziram ao desenvolvimento de um plano pré-ordenado, tecido nas leis naturais que governavam o universo.

Figura 9. Modelo de desenvolvimento das espécies, onde os peixes (F), os répteis (R) e aves (B) representavam ramificações de um caminho evolutivo até ao aparecimento dos mamíferos (M) (*Vestiges of the natural history of creation* (1844) de Robert Chambers).

Seleção Natural e o Darwinismo

Charles Darwin (1809-1882; Fig. 10) foi, durante o seu percurso até à publicação de *On the Origin of Species* (1859), influenciado por diversas figuras. Entre estas destacam-se: Lamarck e a teoria da transmutação das espécies, Robert Grant, com quem estudou homologias, Erasmus Darwin, Adam Sedgewick com quem estudou geologia, Charles Lyell e as ideias do uniformitarismo, Augustin de Candolle (1778-1841), botânico Suíço, em cujo sistema de classificação natural era dado ênfase à “luta entre espécies em competição pelo mesmo espaço”, Thomas Maltus (1766-1834) e a ideia de luta pela sobrevivência numa população (em *An Essay on the Principle of Population*) e Robert Chambers na obra anónima *Vestiges of the Natural History Creation*.

¹ Em anatomia comparativa, *características homólogas* são aquelas características que sendo observadas - e distintas - em duas ou mais espécies, constituem, no entanto, características hereditárias que evoluíram a partir de um ancestral comum.

O jovem diplomado Charles Darwin juntou-se à expedição de 5 anos, de recolha de dados hidrográficos e cartográficos, no *HMS Beagle*, como um naturalista e especialista em geologia. Darwin passou a maior parte do tempo em explorações em terra – geológicas, de recolha de fósseis e observações detalhadas de plantas e animais. As suas observações e o padrão biogeográfico que Charles Darwin observou, por exemplo, no arquipélago das ilhas Galápagos, durante esta viagem levou-o a pôr em causa a ideia de imutabilidade das espécies e a considerar a *transmutação como um processo de divergência* (Fig. 11), em vez de processo de progressão, em níveis de perfeição, dos animais até ao ser humano, como era entendido por Lamarck e outros.

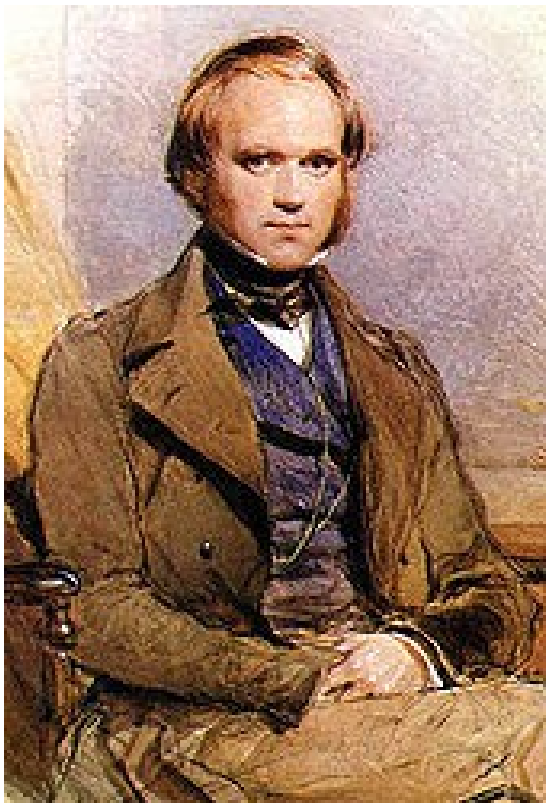


Figura 10. Retrato de Charles Darwin (1840).

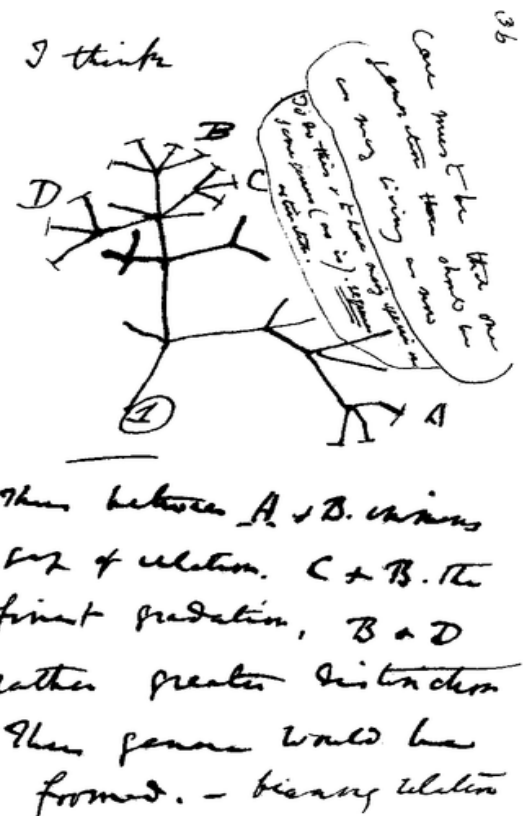


Figura 11. Primeiro draft de uma árvore evolutiva no seu *First Notebook on Transmutation of Species*, uma série de cadernos de anotações que Charles Darwin compilou e que foram mantidos em segredo, desde 1837.

Assim, as diferenças que Darwin observou, por exemplo, entre as espécies de tentilhões e tartarugas que habitavam as diferentes ilhas Galápagos ajudaram-no a perceber como meios ambientes distintos podiam levar à

evolução das espécies. No caso dos tentilhões, recursos alimentares distintos – sementes, frutos, cactus, flores, insectos etc. - estariam na base das modificações dos bicos das espécies encontradas em cada ilha (Fig. 12).

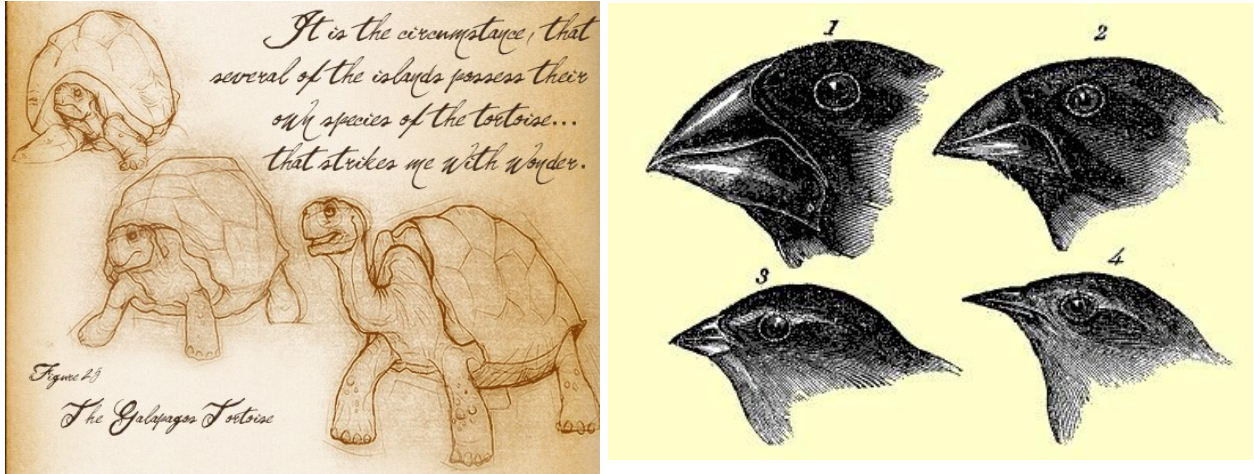


Figura 12. Gravuras de animais das ilhas Galápagos feitos por Charles Darwin nos seus cadernos de anotações: (a) tartarugas, (b) tentilhões, mostrando as diferenças de bicos.

Darwin apenas publicou a suas ideias 20 anos mais tarde. Durante o período que medeou entre a viagem do *Beagle* e a publicação de *On the Origin of Species*, manteve-se acesa a controvérsia relativa à transmutação das espécies. Nesse período de tempo Darwin repartiu o seu tempo entre a geologia e o refinamento das suas ideias em torno da teoria de selecção natural, acumulando evidências que lhe dessem suporte, o que incluía, entre outras, evidências biogeográficas, geológicas, morfológicas, embriológicas e os resultados da sua investigação na selecção artificial de espécies animais e vegetais.

A teoria da evolução de Darwin é baseada em factos observados e em deduções retiradas desses factos que podem ser resumidos da seguinte forma:

1. Todas as espécies são férteis de tal modo que se toda a sua descendência sobrevivesse a população cresceria (facto);
2. Apesar de flutuações periódicas, o número de indivíduos das populações mantém-se geralmente constante (facto);
3. Recursos necessários, como os alimentares são limitados e são relativamente estáveis ao longo do tempo (facto);
4. Resulta, assim, uma luta pela sobrevivência entre os indivíduos da população (dedução);

5. Os indivíduos de uma população variam de modo significativo (facto);
6. A maioria desta “variação” é hereditária (facto);
7. Os indivíduos menos adaptados ao meio ambiente terão provavelmente menor sucesso de sobrevivência e menor sucesso reprodutivo, os indivíduos melhor adaptados ao meio ambiente terão maior probabilidade de sobrevivência e de sucesso reprodutivo, passando as suas características para as gerações seguinte, produzindo uma *selecção natural* (inferência);
8. Este processo que se produz ao longo de muitas gerações resulta na lenta acumulação de alterações que as tornam mais adaptadas ao meio ambiente, e que ao longo do tempo levam à formação de novas espécies (inferência).

A teoria de evolução das espécies por selecção natural fornecia, assim, pela primeira vez, um mecanismo para a evolução das espécies biológicas, sem recurso a uma força subnatural (Divina). A teoria de Darwin alterou profundamente as ideias científicas relativamente



Figura 13. Fotografia de Alfred Wallace.

evolução da vida, no entanto, não conseguia explicar diversos componentes críticos do processo evolutivo, nomeadamente não explicava a fonte de variação que se verificava entre os indivíduos de uma determinada espécie.

Diversos autores anteciparam aspectos da teoria de Charles Darwin, e a partir da 3ª edição da *On the Origins of Species*, de 1861, Darwin nomeou os autores que ele conhecia como antecipadores da teoria da evolução por selecção natural, num apêndice da sua obra.

Em particular, Alfred Russel (1823-1913), um naturalista Britânico, explorador, geógrafo, antropólogo e biólogo (Fig. 13) propôs, independentemente de Darwin, a teoria da evolução

das espécies por selecção natural. Russel e Darwin mantiveram apenas correspondência, a partir (pensa-se) de 1857. A teoria da evolução das espécies foi finalmente anunciada à

Linnean Society of London, em 1858, com uma apresentação simultânea dos trabalhos de Wallace e de Darwin, tendo no entanto, ficado reconhecido que o trabalho de Darwin precedia, no tempo e em profundidade, o trabalho de Wallace. A primeira edição de *On the Origin of Species* foi publicada em 1959.

Bibliografia

Darwin, E. (1796) *Zoonomia* (<http://books.google.co.uk/books?id=A0gSAAAAYAAJ>)

Mayr, Ernst (1982), *The Growth of Biological Thought*, Harvard University Press, ISBN 0-674-36446-5

Purves *et al.* (1994) *Life: The Science of Biology*, 4ª Ed, Sinauer Ed.

Raven, P., Johnson, G., Mason, K. Losos, J. & Singer, S. (2010) *Biology*, 9th Ed, McGraw-Hill Science/Engineering/Math (ISBN-10: 0077350022)

William R. B. (1982) "Bishop Ussher, John Lightfoot and the Age of Creation", *Journal of Geological Education* **30**:18–24

Outras leituras

The Complete work of Charles Online (Darwin <http://darwin-online.org.uk/BookoftheWeek.html>)

http://en.wikibooks.org/wiki/General_Biology/Getting_Started/Introduction#Characteristics_of_life

http://en.wikipedia.org/wiki/Charles_Darwin

http://en.wikipedia.org/wiki/History_of_evolutionary_thought

Gould, S.J. (1983). "The hardening of the modern synthesis". In Marjorie Grene. *Dimensions of Darwinism*. Cambridge University Press

(http://www.stephenjaygould.org/library/gould_synthesis.html)